

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 2 月 19 日 (19.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/015370 A1

- (51) 国際特許分類: G01C 19/56, G01P 9/04
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009991
(22) 国際出願日: 2003 年 8 月 6 日 (06.08.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-229756 2002 年 8 月 7 日 (07.08.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS-
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府 門真市
大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中西 努

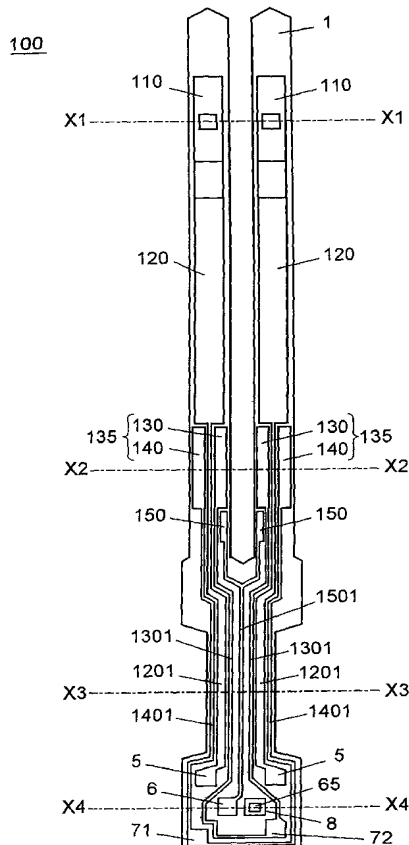
(NAKANISHI, Tsutomu) [JP/JP]; 〒576-0021 大阪府
交野市 妙見坂 4-8-1 0 3 Osaka (JP). 多鹿 博文
(TAJIKI, Hirofumi) [JP/JP]; 〒534-0016 大阪府 大阪
市都島区友渚町 1-6-5-1 3 1 1 Osaka (JP). 林
道彦 (HAYASHI, Michihiko) [JP/JP]; 〒910-3111 福井
県 福井市島山梨子町 2 1-1-1 Fukui (JP). 大内 智
(OUCHI, Satoshi) [JP/JP]; 〒663-8002 兵庫県 西宮市一
里山町 1 1-1 0-2 0 3 Hyogo (JP).

- (74) 代理人: 岩橋 文雄, 外(IWAHASHI, Fumio et al.); 〒
571-8501 大阪府 門真市 大字門真 1 0 0 6 番地 松下
電器産業株式会社内 Osaka (JP).
(81) 指定国 (国内): CN, JP, US.
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[続葉有]

(54) Title: ANGULAR-VELOCITY SENSOR

(54) 発明の名称: 角速度センサ



(57) Abstract: An angular-velocity sensor comprising a substrate (1) having a tuning-fork shape, drive units (110) each provided on an arm portion constituting a tuning fork to vibrate that arm portion, monitor units (150) for detecting vibration produced by respective drive units (110), and detectors (120) for detecting the displacement of vibration when an angular velocity is worked on, wherein each drive unit (110), each monitor unit (150) and each detector (120) respectively consist of a lower electrode layer, a piezoelectric thin film and an upper electrode layer that are formed on an arm portion, and the outer peripheral end of a piezoelectric thin film consists of a step shape having at least one flat portion on which no upper electrode layer is provided to thereby prevent short-circuiting between lower electrode layers and upper electrode layers.

(57) 要約: 音叉型形状を有する基板 (1) と、音叉を構成する腕部に設けられ腕部を振動させる駆動部 (110) と、駆動部 (110) により発生した振動を検知するモニター部 (150) と、角速度が加わったときの振動の変位を検知する検出部 (120) とを備え、駆動部 (110)、モニター部 (150) および検出部 (120) は、腕部上に形成された下部電極層、圧電薄膜および上部電極層からなり、圧電薄膜の外周端部は少なくとも一つの平坦部を有する階段形状からなり、外周端部の平坦部には上部電極層が設けられていない構成とすることで、下部電極層と上部電極層間の短絡を防止する。



添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

1

明細書

角速度センサ

技術分野

- 5 本発明は、圧電体薄膜を用いた角速度センサに関する。

背景技術

- 角速度センサはナビゲーションシステム等に多く用いられており、小型化が要望されている。そこで近年、水晶等のバルク圧電体材料を用いた構成から、チタン酸ジルコン酸鉛（P Z T）等の圧電薄膜を用いる構成が提案されている。これは、P Z T等の圧電薄膜においては、その圧電定数が水晶等のバルク圧電体に比べて極めて大きいため、小型化が図りやすくなることによる。

- 15 圧電薄膜を用いることで角速度センサの小型化が実現できるが、一方バルク圧電体では生じないような製造面での解決すべき課題がある。すなわち、圧電薄膜はバルク圧電体に比べて非常に薄いため、圧電薄膜の両面を挟む電極間の短絡が生じやすい。特に、圧電薄膜の外周領域部において、両面の電極間の短絡が生じやすく、このような領域部の短絡を確実に防止することが要求されている。

- 20 特開平9-331087号公報には、圧電薄膜を基板上に直接形成するときの密着性を改善することを目的として、下部電極層を覆うように圧電薄膜を形成する構成が示されている。この開示例においては、下部電極層と上部電極層との短絡を防止するという点については記載がないが、この構成の場合には短絡を防止することも可能である。

- 25 また、特開2001-113710号公報には、圧電体素子の変位のばらつきを低減させるために均一な形状を実現することを目的として、ドライエッチングあるいはウェットエッチング時の条件を適切に設定することにより、圧電薄膜の端部形状をテーパ状にエッチング加工することが示されている。

発明の開示

上記の第 1 の開示例によれば、下部電極層と上部電極層との短絡を防止できるが、圧電薄膜を形成する前に下部電極層を所定の形状に加工しておく必要がある。このために、下部電極層と圧電薄膜とを連続的に成膜することはできない。また、圧電薄膜は下部電極層上と基板上との両面に形成されるが、これらの面の性質が異なるために、下部電極層上および基板上に形成される圧電薄膜の結晶配向性や特性は同じにはならない。このため、下部電極層上のみに圧電薄膜を形成する場合に比べて圧電薄膜の特性のばらつきが大きくなるという課題がある。

- 10 また、第 2 の開示例では、テーパ形状にエッチングすることでパターン形状を均一にすることは示されているが、このような形状とすることにより下部電極層と上部電極層間の短絡を防止できることは記載されていない。

- 15 そこで、本発明は、圧電薄膜を用いる角速度センサを実現する上で大きな課題となっている下部電極層と上部電極層間の短絡を防止することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の角速度センサは、以下の構成からなる。

音叉を構成する一对の腕部と、これらの腕部を一体的に保持する一体領域部とからなる音叉型形状を有する基板と、

- 20 これらの腕部に設けられ腕部を振動させる駆動部と、
前記駆動部により発生した振動を検知するモニター部と、
角速度が加わったときの振動の変位を検知する検出部とを備え、
駆動部、モニター部および検出部は、腕部上に形成された下部電極層と、
この下部電極層上に形成された圧電薄膜と、この圧電薄膜上に形成された上
25 部電極層とからなり、圧電薄膜の外周端部は少なくとも一つの平坦部を有する階段形状で、かつこの外周端部の平坦部には上部電極層が設けられていない構成からなる。

このような構成とすることにより、圧電定数の大きな圧電薄膜を用いても、上部電極層と下部電極層との短絡を防止でき、信頼性に優れ、かつ特性の安

定した角速度センサを得ることができる。

また、本発明の角速度センサは、以下の構成とすることもできる。

- 5 基板の一体領域部は、駆動部、モニター部および検出部からの引出し配線が形成された配線形成領域と、引出し配線に接続する電極パッドが形成されたパッド形成領域とを有し、少なくともパッド形成領域においては引出し配線の一部である下部電極層のすべてが共通して一つの電極パッドに接続された構成からなる。

- 10 この構成により、ワイヤボンディングやハンダ付け等で外部回路と接続する電極パッドが形成されたパッド形成領域には下部電極層が露出していないので、接続作業工程中においても短絡が生じることがなくなり、歩留まりが高く、かつ信頼性のよい角速度センサが実現できる。

- 15 また、本発明の角速度センサは、パッド形成領域の引出し配線間の圧電薄膜の厚さが駆動部、モニター部および検出部の圧電薄膜より薄く形成された構成としてもよい。この構成とすることにより、上部電極層をドライエッチングして引出し配線を形成するときに、上部電極層を確実にエッチングすることができるので引出し配線間での短絡を防止でき、製造歩留まりを向上することが可能となる。

- 20 また、本発明の角速度センサは、基板が単結晶シリコンである構成としてもよい。この構成とすることにより、音叉型形状の加工が容易にできだけでなく、薄膜形成面の平滑性がよいので、結晶配向性の良好な圧電薄膜を容易に得ることができる。

- 25 また、本発明の角速度センサは、圧電薄膜の外周端部が平坦部を基準として、上部電極層側の厚みが下部電極層側の厚みより厚い構成からなる。この構成とすることにより、フォトリソプロセスとドライエッチングプロセスにより確実に、かつ再現性のよい圧電薄膜のエッチング加工を実現できる。すなわち、平坦部までのエッチングを厚く行っておけば、それ以降のエッチング量は最初のエッチングより少なくてすむ。このため、2回目のフォトレジストは1回目のフォトレジストの膜厚より薄く形成してもよい。2回目のフォトレジストの塗布は、圧電薄膜に階段状の段差を有する領域に塗布する必

要があるので、一部が薄くなる可能性が生じる。しかし、エッチング時間も短くできるので、フォトレジストがドライエッチング中に消失して上部電極層や圧電薄膜が露出し、これらがエッチングされることを防止できる。

また、本発明の角速度センサは、下部電極層が基板上に形成したチタン (Ti) 膜とチタン (Ti) 膜上の白金とチタン (Pt-Ti) 合金膜の二層構成からなる。Ti 膜は単結晶シリコン基板や酸化物基板に対して密着性が良好であるので、下部電極層の密着性を向上することができる。しかも、チタン (Ti) は拡散しにくい性質を有し、白金とチタン (Pt-Ti) 合金膜や圧電薄膜の劣化を生じさせにくく、高信頼性の角速度センサを実現できる。

また、本発明の角速度センサは、基板の駆動部、モニター部、検出部およびこれらの引出し配線と電極パッドが形成された面上には、さらに基板の他方の面を加工するために基板を保持する保持領域部を設けた構成からなる。

この構成とすることにより、例えば基板の下面側からフォトリソプロセスとエッチング加工等を行う場合に、駆動部やモニター部等の圧電薄膜が形成された面は基台等に直接接触することがなくなるので、圧電薄膜が損傷を受けたりすることを防止できる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施形態にかかる角速度センサの平面図

図 2 は、同実施の形態にかかる角速度センサで、図 1 の X1-X1 線に沿った断面の拡大図

図 3 は、同実施の形態にかかる角速度センサで、図 1 の X2-X2 線に沿った断面の拡大図

図 4 は、同実施の形態にかかる角速度センサで、図 1 の X3-X3 線に沿った断面の拡大図

図 5 は、同実施の形態にかかる角速度センサで、図 1 の X4-X4 線に沿った断面の拡大図

図 6 A は、同実施の形態にかかる角速度センサのフォトリソプロセスとエッチングプロセスの一例を説明するための図で、基板上に下部電極層、圧電

薄膜および上部電極層を積層し、レジストパターンを形成した状態を示す断面図

図 6 B は、同プロセスを説明するための図で、圧電薄膜の途中までエッチングした状態を示す断面図

5 図 6 C は、同プロセスを説明するための図で、平坦部が形成されるようにレジストパターンを作製した状態を示す断面図

図 6 D は、同プロセスを説明するための図で、エッチングを行い圧電薄膜の外周端部を階段状にして平坦部を形成した状態を示す断面図

図 7 は、本発明の実施の形態の角速度センサの変形例を説明する断面図

10

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施の形態の角速度センサについて、図面を用いて説明する。図 1 は、本発明の角速度センサの平面図である。また、図 2 から図 5 は、図 1 に示す角速度センサの拡大断面図である。図 2 は X 1 - X 1 線に沿った断面図、図 3 は X 2 - X 2 線に沿った断面図、図 4 は X 3 - X 3 線に沿った断面図、および図 5 は X 4 - X 4 線に沿った断面図である。以下、本発明の角速度センサの構成を図 1 から図 5 を用いて、さらに詳細に説明する。

15

基板 1 は、単結晶シリコン板を加工して音叉型の形状とした構成からなる。この基板 1 上に下部電極層、圧電薄膜および上部電極層を積層し、これらの薄膜を所定の形状に加工することで、本発明の角速度センサ 100 が構成されている。

20

下部電極層としては、白金 (Pt) 膜、白金とチタン (Pt-Ti) 合金膜、金 (Au) 膜、銅 (Cu) 膜、ニッケル (Ni) 膜やアルミニウム (Al) 膜等の金属薄膜、酸化ルテニウム (RuO_2) 膜や酸化イリジウム (IrO_2) 膜等の酸化物導電体を用いることができる。成膜方法としては、蒸着、スパッタリング、気相成膜法 (CVD)、プラズマアシスト気相成膜法 (P-CVD) 等を用いることができる。

25

また、圧電薄膜としては、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) 膜が結晶配向性のよい薄膜を作製しやすいことから望ましい材料であるが、チタン酸鉛 (P

6

T) 膜、ジルコン酸鉛 (PZ) 膜、ランタン (La) 添加チタン酸ジルコン酸鉛 (PLZT) 膜等、圧電薄膜で、エッチング可能な材料であれば、特に制約はない。成膜法としてはスパッタリング法が望ましいが、蒸着法、CVD法あるいはPCVD法でも作製は可能である。

- 5 さらに、上部電極層としては、上記の下部電極層と同じ材料を用いることができるが、外部機器との電氣的な接続のためにワイヤリード等により実装する必要があるため、金属薄膜を用いることが望ましい。

- 10 本発明の角速度センサ100は、それぞれの機能を有する複数の領域から構成されている。すなわち、基板1において、音叉を構成する一对の腕部には、その先端近傍から順に、すべての圧電薄膜に分極処理を施すため下部電極層を上層まで引出すための引出し部110、角速度を検出するための検出部120、一对の腕部を振動させるための駆動部135、一对の腕部に生じる振動の振幅を検出するモニター部150が形成されている。

- 15 また、基板1において、一对の腕部を一体に接続する一体領域部には、引出し部110、検出部120、駆動部135およびモニター部150のそれぞれから引出された検出部引出し配線1201、内側駆動部引出し配線1301、外側駆動部引出し配線1401、モニター部引出し配線1501が形成されている。さらに、これらの引出し配線1201、1301、1401、1501は外部機器へ接続するための電極パッド5、6、8、71、72に
20 接続されている。これについては、さらに詳細に後述する。

- 25 図2は、図1のX1-X1線に沿った断面図で、引出し部110の断面形状を示す図である。この図からわかるように下部電極層である引出し部下部電極層21が引出し部圧電薄膜31に形成されたビアホール60を介して上部電極層である分極用電極層41に接続されている。引出し部下部電極層21は、図2から図5までのそれぞれの断面図からもわかるように、それぞれ
25 の下部電極層とは電氣的に接続されている。

図1に示す角速度を検出するための検出部120は、基板1の腕部面上に引出し部120とほぼ同じ幅で、かつ同じ積層構成で形成されている。すなわち、基板1面側から検出部下部電極層(図示せず)、検出部圧電薄膜(図示

せず) および検出部上部電極層が、ほぼ同じ幅で、かつこの順番に積層されて構成されている。

図 3 は、図 1 に示す X 2 - X 2 線に沿った断面図で、駆動部 1 3 5 が形成された領域の断面形状を示す図である。基板 1 の腕部上にそれぞれ内側駆動部 1 3 0 と外側駆動部 1 4 0 とが一对設けられ、駆動部 1 3 5 が構成されている。この内側駆動部 1 3 0 と外側駆動部 1 4 0 とは同じ形状からなり、基板 1 の腕部面上にそれぞれ駆動部下部電極層 2 3、2 4、駆動部圧電薄膜 3 3、3 4 および駆動部上部電極層 4 3、4 4 が、この順番に形成されて構成されている。なお、駆動部下部電極層 2 3、2 4、駆動部圧電薄膜 3 3、3 4 および駆動部上部電極層 4 3、4 4 はほぼ同じ幅に形成されている。また、検出部引出し配線 1 2 0 1 が内側駆動部 1 3 0 と外側駆動部 1 4 0 との間に形成されている。

図 1 に示すように、モニター部 1 5 0 は基板 1 の腕部面上にそれぞれ一つ設けられている。モニター部 1 5 0 は、モニター部下部電極層 (図示せず)、モニター部圧電薄膜 (図示せず) およびモニター部上部電極層が、この順番に形成され構成されている。

図 4 は、図 1 の X 3 - X 3 に沿った配線形成領域の断面形状を示す図である。基板 1 の配線形成領域には、検出部引出し配線 1 2 0 1、内側駆動部引出し配線 1 3 0 1、外側駆動部引出し配線 1 4 0 1 およびモニター部引出し配線 1 5 0 1 が形成されている。これらの引出し配線 1 2 0 1、1 3 0 1、1 4 0 1、1 5 0 1 は、それぞれ基板 1 側から下部電極層引出し配線 2 2 1、2 3 1、2 4 1、2 5 1、圧電薄膜引出し配線 3 2 1、3 3 1、3 4 1、1 5 1 および上部電極層引出し配線 4 2 1、4 3 1、4 4 1、4 5 1 で構成されている。なお、モニター部 1 5 0 は、基板 1 の配線形成領域面上で一つに接続され、モニター部引出し配線 1 5 0 1 として配線されている。

検出部引出し配線 1 2 0 1 のうちの上部電極層引出し配線 4 2 1 は、検出電極パッド 5 に接続されている。また、それぞれの内側駆動部引出し配線 1 3 0 1 のうちの上部電極層引出し配線 4 3 1 が、駆動電極パッド 7 2 に接続されている。同様に、それぞれの外側駆動部引出し配線 1 4 0 1 のうちの上

部電極層引出し配線 4 4 1 が、駆動電極パッド 7 1 に接続されている。また、モニター部引出し配線 1 5 0 1 のうちの上部電極層引出し配線 4 5 1 は、モニター電極パッド 6 に接続されている。

- さらに、検出部引出し配線 1 2 0 1、内側駆動部引出し配線 1 3 0 1、外側駆動部引出し配線 1 4 0 1 およびモニター部引出し配線 1 5 0 1 のうちのそれぞれの下部電極層引出し配線 2 2 1、2 3 1、2 4 1、2 5 1 は、グラウンド電極パッド 8 に共通して接続されている。このグラウンド電極パッド 8 は、図 5 に示すように構成されている。すなわち、一体領域部のうちの電極パッドが形成されたパッド形成領域部では、下部電極層引出し配線 2 2 1、2 3 1、2 4 1、2 5 1 はエッチングされず、全面に形成された状態である。同時に、圧電薄膜はエッチングされて薄くなっているが、全面に形成された状態で残存している。この領域にある下部電極層引出し配線をまとめて一体領域部下部電極層 2 0 0 とよび、圧電薄膜を一体領域部圧電薄膜 3 0 0 とよぶ。この一体領域部下部電極層 2 0 0 は一体領域部圧電薄膜 3 0 0 に開口されたビアホール 6 5 を介して引出し電極層 4 6 に接続しており、これらによりグラウンド電極パッド 8 が構成されている。

- なお、これらの電極パッドが形成された領域部では、一体領域部下部電極層 2 0 0 が全面に形成されているだけでなく、一体領域部圧電薄膜 3 0 0 も厚さ方向の途中までエッチングされているのみで、その一部が全面に残存した状態で一体領域部下部電極層 2 0 0 を保護している。これにより、検出電極パッド 5、駆動電極パッド 7 1、7 2 およびモニター電極パッド 6 が、一体領域部下部電極層 2 0 0 と短絡することを防止している。

- 検出部 1 2 0、駆動部 1 3 5 およびモニター部 1 5 0 に対しては、それぞれ検出部引出し配線 1 2 0 1、内側駆動部引出し配線 1 3 0 1、外側駆動部引出し配線 1 4 0 1 およびモニター部引出し配線 1 5 0 1 と、グラウンド電極パッド 8 とを介して電圧が印加される。例えば、検出部 1 2 0 についてみると、検出電極パッド 5 とグラウンド電極パッド 8 との間に外部回路（図示せず）から電圧が印加される。検出電極パッド 5 は検出部引出し配線 1 2 0 1 の上部電極層引出し配線 4 2 1 に接続されており、さらにこの上部電極層

引出し配線 4 2 1 は検出部上部電極層 4 2 に接続されている。一方、グラウンド電極パッド 8 は、検出部引出し配線 1 2 0 1 の下部電極層引出し配線 2 2 1 に接続され、さらにこの下部電極層引出し配線 2 2 1 は検出部下部電極層（図示せず）に接続されている。

5 なお、上部電極層引出し配線 4 2 1 と下部電極層引出し配線 2 2 1 との間には圧電薄膜引出し配線 3 2 1 が形成されており、配線間の短絡を防止している。また、検出部上部電極層（図示せず）と検出部下部電極層（図示せず）との間には検出部圧電薄膜（図示せず）が形成されており、同様に配線間の短絡を防止している。

10 本実施の形態においては、この短絡を防止するために図 6 D に示すような圧電薄膜 3 の形状としている。このような形状を作製するための製造方法の一例を、図 6 A から図 6 D を用いて説明する。なお、図 6 A から図 6 D までは、図 1 に示す角速度センサ 1 0 0 の任意の一部の断面を拡大して示す図である。したがって、以下の説明では、下部電極層 2、圧電薄膜 3 および上部電極層 4 と表現して説明する。

15 図 6 A に示すように、基板 1 上に下部電極層 2、圧電薄膜 3 および上部電極層 4 をこの順に積層成膜した後、フォトリソを塗布して露光し、所定の形状のレジストパターン 7 0 を作製する。この後、上部電極層 4 と圧電体薄膜 3 とを含めて同時にドライエッチングを行う。このとき、圧電薄膜 3 を途中までエッチングした状態でエッチングを終了する。これを図 6 B に示す。このとき、レジストの厚さとドライエッチング条件を適当に設定すれば、圧電薄膜 3 の外周端部にテーパ部 3 B を形成することができる。

20 その後、図 6 C に示すように、再びフォトリソを塗布し露光して、所定形状のレジストパターン 7 5 を形成する。つぎに、ドライエッチングを行い、残りの圧電薄膜 3 と下部電極層 2 とをエッチングする。このときのレジストパターン 7 5 の幅を、1 回目のレジストパターン 7 0 の幅より広く形成することで、平坦部 3 A が容易に形成できる。この平坦部 3 A の幅は、1 回目のレジストパターン 7 0 と 2 回目のレジストパターン 7 5 との設計により任意に設定できる。

このようなフォトリソおよびエッチングプロセスにより、圧電薄膜 3 の外周端部を階段状とし、厚み方向の途中に平坦部 3 A を作製した状態を図 6 D に示す。

- 5 以上のような製造方法により、圧電薄膜 3 の外周端部を階段状で、かつ平坦部 3 A を有するように形成することができ、しかも平坦部 3 A の面上には上部電極層 4 がないので圧電薄膜 3 を薄くしても、上部電極層 4 と下部電極層 2 との短絡発生を防止できる。

- 10 このような 2 回に分けて圧電薄膜 3 をエッチングする方法により、平坦部 3 A を容易に形成できるだけでなく、圧電薄膜 3 のエッチング中にフォトレジスト膜がエッチングされてなくなってしまう、エッチング作業ができなくなることも防止できる。このような階段状に形成する工程を 3 回以上行って平坦部を複数作製してもよい。

- 15 なお、一体領域部のうち、パッドパッド形成領域では、1 回目のフォトリソプロセスとエッチング加工のみ行い、2 回目の圧電薄膜 3 と下部電極層 2 とのエッチングを行わないようにする。これにより、図 5 に示したように、この領域部では下部電極層 2 が共通に接続され、かつ圧電薄膜 3 も途中までエッチングされた状態で残すことができる。このように加工することにより、ドライエッチングで上部電極層 4 を確実にエッチング可能となり、エッチング不足等により上部電極層 4 間での短絡発生を防止できる。また、圧電薄膜
20 が全面に残存しているため、下部電極層 2 と上部電極層 4 とが短絡することも確実に防止できる。さらに、このようなパターン加工を一体領域部全体に行ってもよい。

- 以下、この構成の角速度センサの動作について説明する。駆動電極パッド 7 1、7 2 に外部回路（図示せず）から交互にプラス、マイナスの信号を印
25 加する。それにより、外側駆動部 1 3 0 が伸張するときには、内側駆動部 1 4 0 は収縮するので、音叉を構成する基板 1 のそれぞれの腕は、図 1 の平面図においてそれぞれ左右方向に振動する。この左右振動の振幅の大きさをモニター部 1 5 0 に接続されているモニター電極パッド 6 を介して外部回路（図示せず）で検出する。外部回路では、検出した振幅値を基準値と比較し

て駆動部 130、140 に印加する信号の大きさを制御する。これにより、それぞれの腕の左右振動の振幅を一定値に制御する。

このように制御された状態で角速度が加わると、周知のコリオリ力の作用により音叉を構成するそれぞれの腕は、図 1 の平面図において左右の腕がそれぞれ逆方向に前後に振動する。それぞれの腕の前後振動の振幅の大きさを検出部 120 で検出する。外部回路（図示せず）は、検出電極パッド 5 を介して検出部 120 からの信号を検出し、その信号の大きさに基づき角速度の値を出力する。

なお、引出し部 110 は、圧電薄膜を分極処理するときを使用し、角速度センサとしては特別の機能を有しない。

本発明の角速度センサ 100 では、広い面積にわたって上部電極層と下部電極層とが圧電薄膜で挟まれた領域がある。これらの領域において、圧電薄膜の外周端部は階段状で、厚み方向の途中に平坦部 3A が設けられている。角速度センサとして使用する場合には、上部電極層と下部電極層との間に電圧が印加される。しかし、圧電薄膜の外周端部の形状が階段状で、その厚み方向の途中に平坦部 3A を有するので、上部電極層と下部電極層との短絡を確実に防止できる。このため、歩留まりが高く、かつ安定な特性を有し、高信頼性の角速度センサ 100 を実現することができる。この結果、自動車用等の信頼性と小型化が要求される分野において、特に有用である。

なお、本実施の形態の角速度センサ 100 では、単結晶シリコン基板を基板 1 として用いた。単結晶シリコン基板は、加工が容易であるだけでなく、表面が平滑で、しかも平面度を得やすいので、下部電極層、圧電薄膜および上部電極層の成膜やこれらのパターン加工も容易であることから好ましい。しかしながら、本発明はこれに必ずしも限定されることはない。例えば、水晶や酸化マグネシウム単結晶基板などの単結晶基板、ガラス基板や石英基板等の非晶質基板、またはアルミナやジルコニウム等のセラミック基板等を用いてもよい。ガラス基板等を用いる場合には、音叉型形状を作製する方法としては、例えばサンドブラスト法を用いることもできる。

また、本発明の角速度センサでは図 7 に示すように、基板に接する側にチ

- タン（Ti）膜 2 A、この Ti 膜 2 A 上に白金とチタン合金（Pt-Ti）膜 2 B との二層構成からなる下部電極層 2 としてもよい。Ti 膜 2 A はシリコン基板やガラス基板等の基板 1 に対して密着性がよいので、下部電極層 2 の基板 1 への密着性を大きく改善できる。さらに、チタン（Ti）は Pt-Ti 膜 2 B や圧電薄膜 3 に対する拡散が生じにくいので圧電薄膜 3 の劣化が起こりにくくなり、信頼性が改善される。

- さらに、図 7 に示すように上部電極層 4 を、Ti 膜 1 0 と、この Ti 膜 1 0 上に低抵抗導体膜 1 2 とからなる二層構成膜としてもよい。これにより、上部電極層 4 の密着性の改善と拡散防止が可能となるので、上部電極層 4 の選択の自由度が広がり、外部回路と接続するための電極パッドの電極構成の設計がやりやすくなる。低抵抗導体層 1 2 としては、例えば上述の Pt-Ti 膜、金（Au）膜、銅（Cu）膜、ニッケル（Ni）膜あるいはアルミニウム（Al）膜等を用いることができる。

- また、圧電薄膜 3 は平坦部 3 A を基準として、その上方部分の厚さを下方部分の厚さより厚くしてもよい。このような形状とする加工は、上述したフォトリソプロセスとドライエッチングプロセスにより行うことができる。なお、このような加工を行うときに、圧電薄膜 3 にテーパ部 3 B、3 C を設けることもできる。このテーパ部 3 B、3 C は、基板 1 の表面に対して 90 度より小さな角度とすることが望ましい。このようなテーパ形状はフォトレジストの膜厚、断面形状とドライエッチング条件とにより設定することができる。テーパ部 3 B、3 C を設けることにより、上部電極層 4 から下部電極層 2 までの間隔を長くできるので、短絡が生じることをより確実に防止できる。

- また、図 7 に示すように、下部電極層 2 と圧電薄膜 3 との間にマグネシウム（Mg）添加チタン酸ランタン酸鉛（PLMT）膜 9 を形成してもよい。このような膜を形成した後に PZT 膜を形成すると、PZT 膜の結晶性、配向性が向上して圧電特性をより良好にできる。

また、本発明の角速度センサ 1 0 0 では、図 1 からわかるように、引出し部 1 1 0、検出部 1 2 0、駆動部 1 3 5、モニター部 1 5 0、およびこれらの引出し配線 1 2 0 1、1 3 0 1、1 4 0 1、1 5 0 1 等については、基

板 1 の外周端部より内側に所定のスペースをおいて配置している。例えば、引出し部 110 よりも先端の腕部、一体領域部の配線形成領域部、さらには検出部や駆動部と基板外周部とのスペースが、保持領域部である。このような配置構成とすることにより、基板 1 の下面部を加工する場合に、このスペース部分で保持することができるので、上部電極層、圧電薄膜および下部電極層を損傷することがなくなる。

なお、本実施の形態では、パッド形成領域の圧電薄膜は厚み方向に一部がエッチングされた状態で残存するようにしたが、本発明はこれに限定されることはない。例えば、上部電極層と圧電薄膜とのエッチング選択比が非常に大きなエッチング条件を選択すれば、圧電薄膜をエッチングせずに全面に残すことができるが、このような構造としてもよい。

産業上の利用可能性

本発明は、圧電薄膜を用いる角速度センサを実現する上で大きな課題となっている下部電極層と上部電極層間の短絡を防止することを目的としており、基板上に形成された駆動部、モニター部および検出部は、下部電極層と、下部電極層上に形成された圧電薄膜と、圧電薄膜上に形成された上部電極層とからなり、圧電薄膜の外周端部は少なくとも一つの平坦部を有する階段形状で、かつその外周端部の平坦部には上部電極層が設けられていない構成からなる。これにより、上部電極層と下部電極層との短絡を確実に防止できるので、自動車用等の角速度センサ分野に有用である。

請求の範囲

1. 音叉を構成する一対の腕部と前記腕部を一体的に保持する一体領域部とからなる音叉型形状を有する基板と、前記腕部に設けられ前記腕部を振動させる駆動部と、前記駆動部により発生した振動を検知するモニター部と、角速度が加わったときの振動の変位を検知する検出部とを備え、前記駆動部、前記モニター部および前記検出部は、前記腕部上に形成された下部電極層と、前記下部電極層上に形成された圧電薄膜と、前記圧電薄膜上に形成された上部電極層とからなり、前記圧電薄膜の外周端部は少なくとも一つの平坦部を有する階段形状で、かつ前記外周端部の前記平坦部には前記上部電極層が設けられていないことを特徴とする角速度センサ。
2. 前記一体領域部は、前記駆動部、前記モニター部および前記検出部からの引出し配線が形成された配線形成領域と、前記引出し配線に接続する電極パッドが形成されたパッド形成領域とを有し、少なくとも前記パッド形成領域においては前記引出し配線の一部である前記下部電極層のすべてが共通して一つの前記電極パッドに接続されていることを特徴とする請求の範囲 1 に記載の角速度センサ。
3. 前記パッド形成領域の前記引出し配線間の前記圧電薄膜の厚さが前記駆動部、前記モニター部および前記検出部の前記圧電薄膜より薄いことを特徴とする請求の範囲 2 に記載の角速度センサ。
4. 前記基板は、単結晶シリコンであることを特徴とする請求の範囲 1 から 3 までのいずれかに記載の角速度センサ。
5. 前記圧電薄膜の外周端部は、前記平坦部を基準として前記上部電極層側の厚みが前記下部電極層側の厚みより厚いことを特徴とする請求項 1 から 4 までのいずれかに記載の角速度センサ。

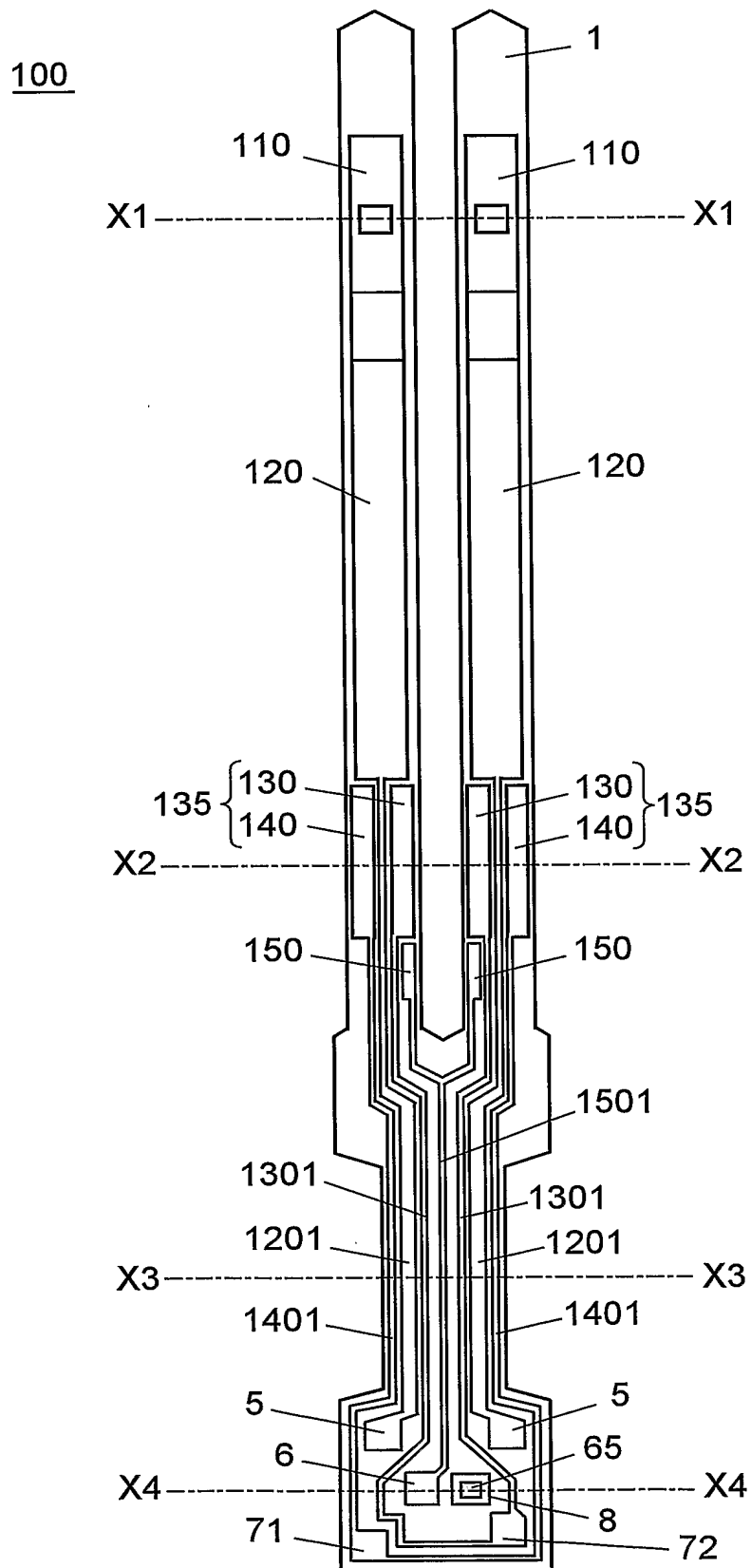
6. 前記下部電極層は、前記基板上に形成したチタン (Ti) 膜と前記チタン (Ti) 膜上の白金とチタン (Pt-Ti) 合金膜の二層構成からなることを特徴とする請求項 1 から 5 までのいずれかに記載の角速度センサ。

5

7. 前記基板の前記駆動部、前記モニター部、前記検出部およびこれらの前記引出し配線と前記電極パッドが形成された面上には、さらに前記基板の他方の面を加工するために前記基板を保持する保持領域部を設けたことを特徴とする請求項 1 から 6 までのいずれかに記載の角速度センサ。

1/7

FIG. 1



2/7

FIG. 2

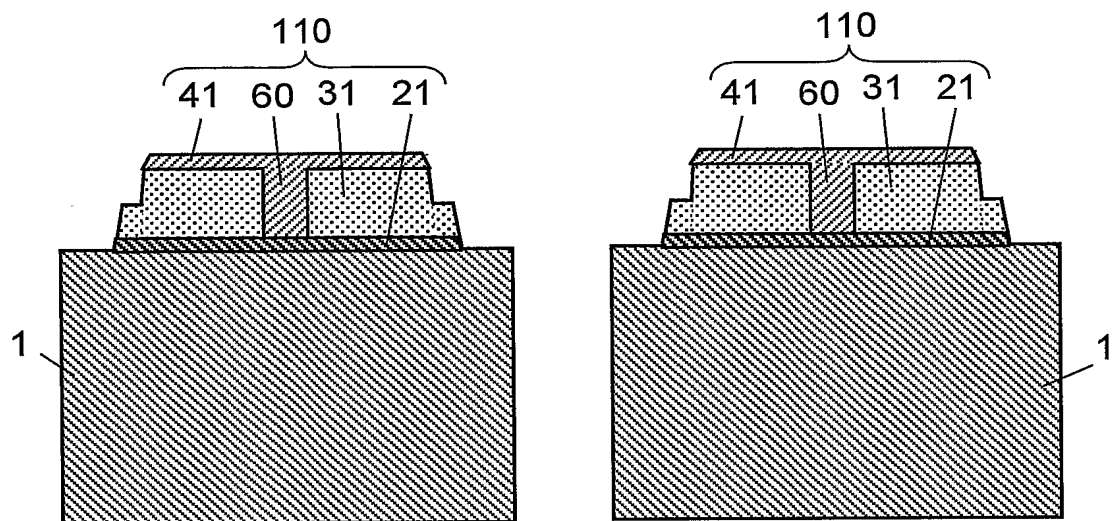
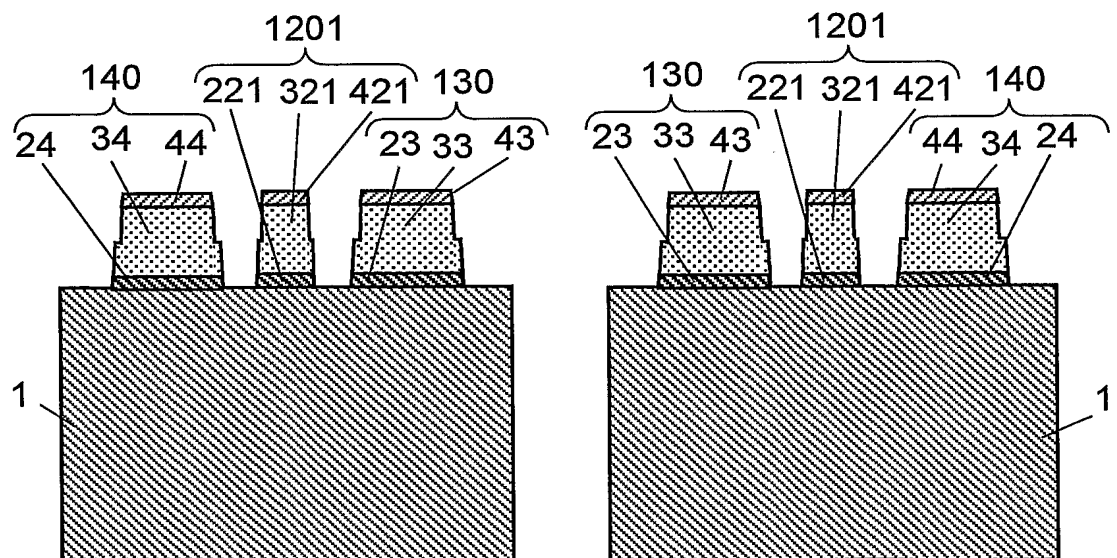


FIG. 3



3/7

FIG. 4

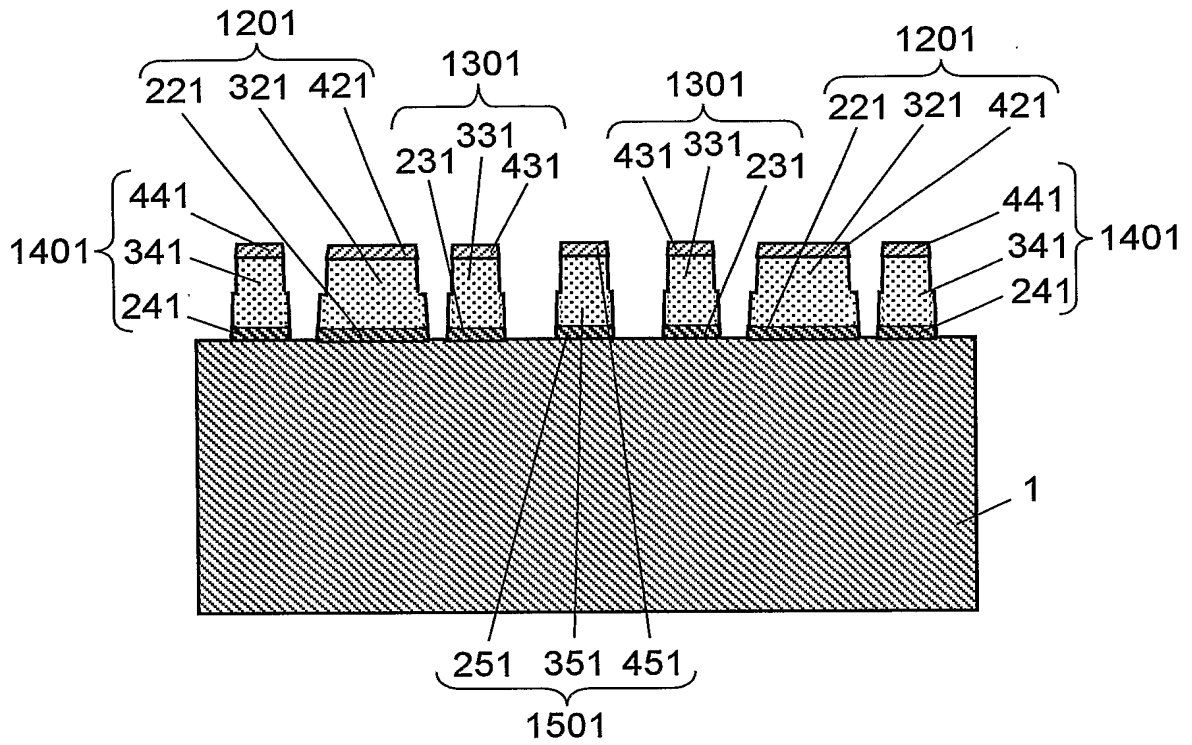
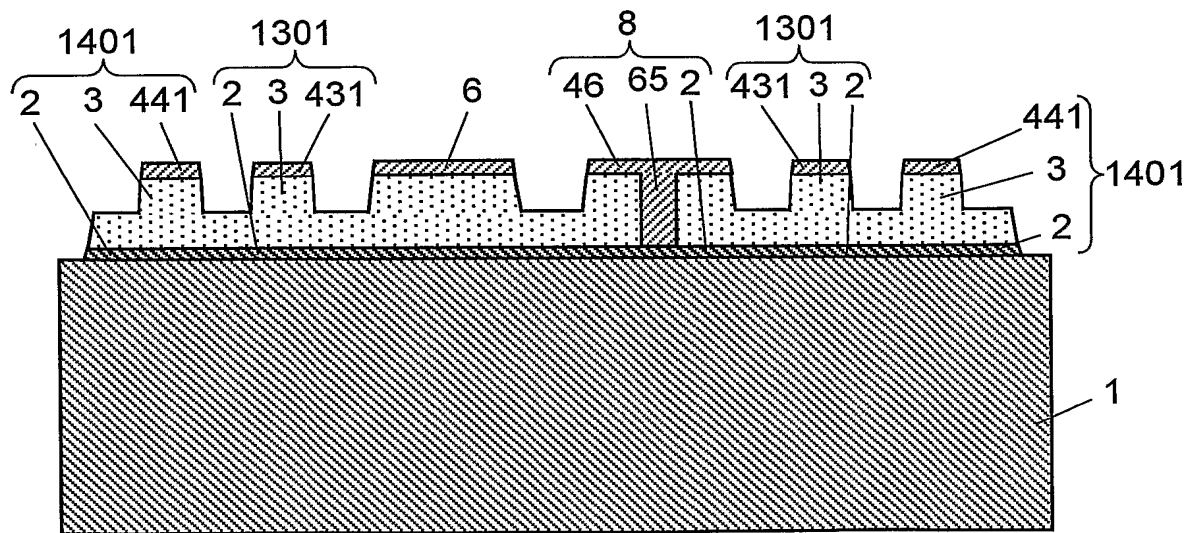


FIG. 5



4/7

FIG. 6A

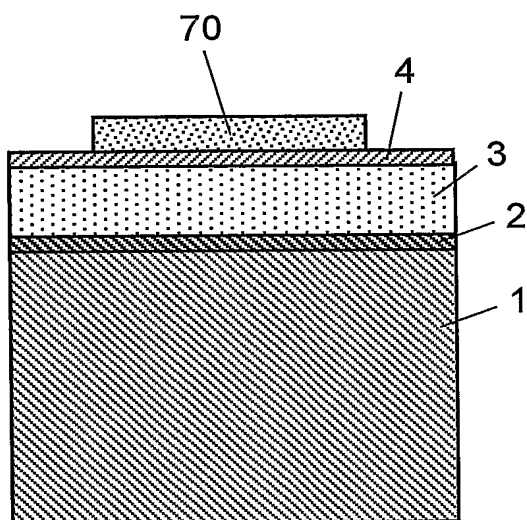


FIG. 6C

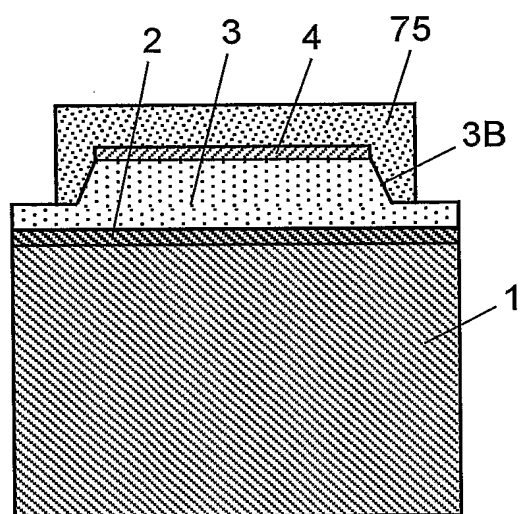


FIG. 6B

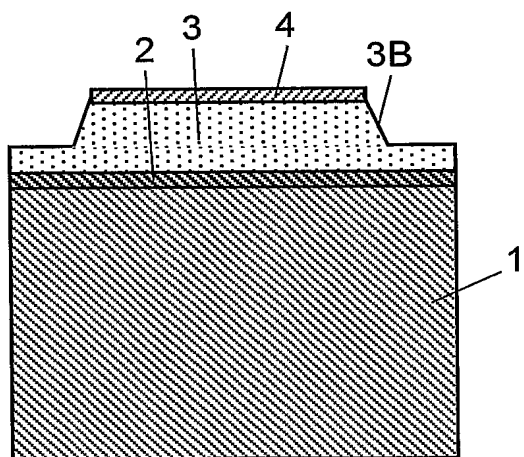
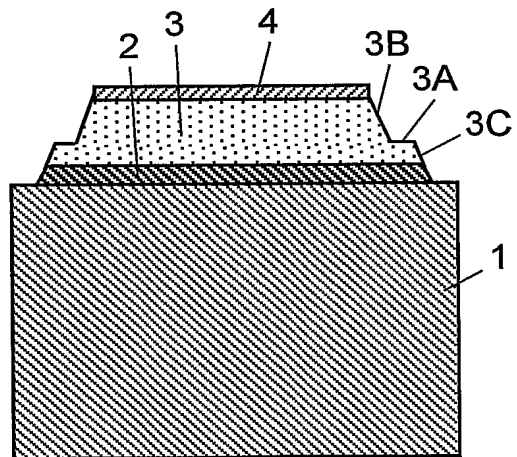
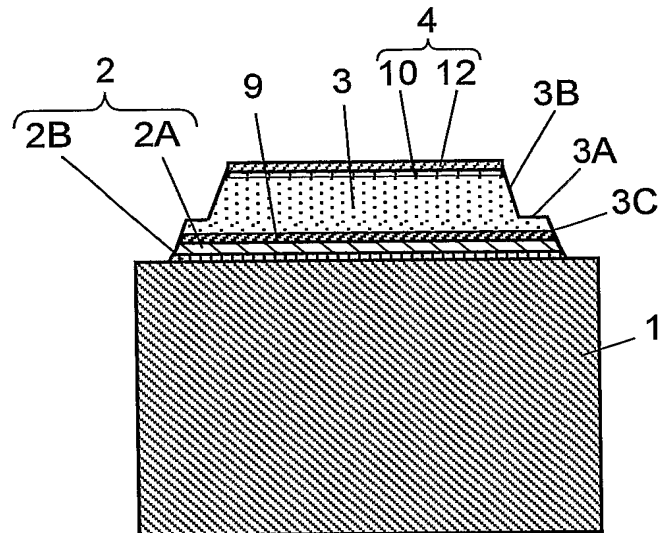


FIG. 6D



5/7

FIG. 7



図面の参照符号の一覧表

- 1 基板
- 2 下部電極層
- 2 A, 1 0 チタン (T i) 膜
- 2 B 白金とチタン合金 (P t - T i) 膜
- 3 圧電薄膜
- 3 A, 3 B テーパ部
- 4 上部電極層
- 5 検出電極パッド
- 6 モニター電極パッド
- 8 グラウンド電極パッド
- 9 マグネシウム添加チタン酸ランタン酸鉛 (P L M T)
- 1 2 低抵抗膜
- 2 1 引出し部下部電極層
- 2 3, 2 4 駆動部下部電極層
- 3 1 引出し部圧電薄膜
- 3 3, 3 4 駆動部圧電薄膜
- 4 1 分極用電極層
- 4 3, 4 4 駆動部上部電極層
- 4 6 引出し電極層
- 6 0, 6 5 ビアホール
- 7 0, 7 5 レジストパターン
- 7 1, 7 2 駆動電極パッド
- 1 0 0 角速度センサ
- 1 1 0 引出し部
- 1 2 0 検出部
- 1 3 0 内側駆動部
- 1 3 5 駆動部
- 1 4 0 外側駆動部
- 1 5 0 モニター部
- 2 0 0 一体領域部下部電極層
- 2 2 1, 2 3 1, 2 4 1, 2 5 1 下部電極層引出し配線
- 3 0 0 一体領域部圧電薄膜
- 3 2 1, 3 3 1, 3 4 1, 3 5 1 圧電薄膜引出し配線
- 4 2 1, 4 3 1, 4 4 1, 4 5 1 上部電極層引出し配線
- 1 2 0 1 検出部引出し配線

7/7

- 1 3 0 1 内側駆動部引出し配線
- 1 4 0 1 外側駆動部引出し配線
- 1 5 0 1 モニタ一部引出し配線

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09991

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01C19/56, G01P9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01C19/56, G01P9/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-159457 A (Nippon Soken, Inc.), 20 June, 1997 (20.06.97), Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-7
A	JP 2001-113710 A (KRI International, Inc.), 24 April, 2001 (24.04.01), Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-7
A	JP 9-331087 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 22 December, 1997 (22.12.97), Figs. 1 to 15 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
16 October, 2003 (16.10.03)

Date of mailing of the international search report
04 November, 2003 (04.11.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09991

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6420202 B1 (Agere Systems Guardian Corp.), 16 July, 2002 (16.07.02), Figs. 1 to 4 & JP 2002-43879 A & EP 1156584 A1 & US 2002/0022292 A1	1-7
A	US 4890370 A (Murata Manufacturing Co., Ltd.), 02 January, 1990 (02.01.90), Fig. 5 & JP 1-98311 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ G01C 19/56, G01P 9/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ G01C 19/56, G01P 9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 9-159457 A (株式会社日本自動車部品総合研究所) 1997.06.20, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2001-113710 A (株式会社関西新技術研究所) 2001.04.24, 第1-6図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 9-331087 A (富士電機株式会社) 1997.12.22, 第1-15図 (ファミリーなし)	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
16.10.03

国際調査報告の発送日
04.11.03

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
有家 秀郎



2S 9402

電話番号 03-3581-1101 内線 3256

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 6420202 B1 (Agere Systems Guardian Corp.) 2002.07.16, 第1-4図 &JP 2002-43879 A &EP 1156584 A1 &US 2002/0022292 A1	1-7
A	US 4890370 A (Murata Manufacturing Co., Ltd.) 1990.01.02, 第5図 &JP 1-98311 A	1-7

PUB-NO: WO2004015370A1
DOCUMENT-IDENTIFIER: WO 2004015370 A1
TITLE: ANGULAR-VELOCITY SENSOR
PUBN-DATE: February 19, 2004

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NAKANISHI, TSUTOMU	JP
TAJIKA, HIROFUMI	JP
HAYASHI, MICHIIHIKO	JP
OUCHI, SATOSHI	JP

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	JP
NAKANISHI TSUTOMU	JP
TAJIKA HIROFUMI	JP
HAYASHI MICHIIHIKO	JP
OUCHI SATOSHI	JP

APPL-NO: JP00309991

APPL-DATE: August 6, 2003

PRIORITY-DATA: JP2002229756A (August 7, 2002)

INT-CL (IPC): G01C019/56 , G01P009/04

EUR-CL (EPC): G01C019/56

ABSTRACT:

CHG DATE=20040309 STATUS=O>An angular-velocity sensor comprising a substrate (1) having a tuning-fork shape, drive units (110) each provided on an arm portion constituting a tuning fork to vibrate that arm portion, monitor units (150) for detecting vibration produced by respective drive units (110), and detectors (120) for detecting the displacement of vibration when an angular velocity is worked on, wherein each drive unit (110), each monitor unit (150) and each detector (120) respectively consist of a lower electrode layer, a piezoelectric thin film and an upper electrode layer that are formed on an arm portion, and the outer peripheral end of a piezoelectric thin film consists of a step shape having at least one flat portion on which no upper electrode layer is provided to thereby prevent short-circuiting between lower electrode layers and upper electrode layers.